



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tehnikainstituut

**Piret Pärnik**

**TALU ENERGIAVARUSTUS PV PANEELIDEGA**

**FARM ENERGY SUPPLY WITH PV PANELS**

Bakalaureusetöö  
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Andres Annuk, *PhD*

Tartu 2018

|   |              |                                  |            |
|---|--------------|----------------------------------|------------|
| Eesti Maaülikool  |              | Bakalaureusetöö lühikokkuvõte    |            |
| Kreutzwaldi 1, Tartu 51014  |              |                                  |            |
| Autor: Piret Pärnik   |              | Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia |            |
| Pealkiri: Talu Energiavarustus PV paneelidega   |              |                                  |            |
| Lehekülgi: 43   | Jooniseid: 8 | Tabeleid: 7                      | Lisasid: 2 |
| Õppetool: Energiakasutuse õppetool  |              |                                  |            |
| ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika,   |              |                                  |            |
| 4.17. Energeetikaalased uuringud, T140 Energeetika  |              |                                  |            |
| Juhendaja(d): Andres Annuk, <i>PhD</i>  |              |                                  |            |
| Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018   |              |                                  |            |
| Bakalaureusetöös on uuritud päikeseelektrijaama, mis on paigaldatud Uus-Kõngi talu maadele 2014. aastal. Päikeseelektrijaama toodetud elektrienergiat kasutab talu nii oma majapidamise tarbeks kui ka võrku müümiseks. Uurimistöö eesmärk on välja selgitada paigaldatud päikeseelektrijaama tasuvusaeg ning saada teada, kas tegemist on otstarbeka investeeringuga, kui puudub taastuvenergia toetus. Töö kirjutamisel lähtuti alates 2014. aasta augustist kogutud andmetest päikeseelektrijaama tootlikkuse kohta ning samuti elektriarvetest. Arvutusteks kasutati tegelikke suurusid, mitte arvutuslikke väärtusi. Tööst selgub, et päikeseelektrijaama tasuvuseks kujuneb 18,3 aastat, kuid kui taastuvenergia toetust ei makstaks, oleks tasuvusaeg lausa 46,2 aastat. |              |                                  |            |
| Märksõnad: päikesepaneelid, tootlikkus, taastuvenergia, tasuvusaeg  |              |                                  |            |

|   |            |                               |               |
|---|------------|-------------------------------|---------------|
| Estonian University of Life Sciences<br>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014  |            | Abstract of Bachelor's Thesis |               |
| Author: Piret Pärnik  |            | Curriculum: Engineering       |               |
| Title: Farm Energy Supply with PV Panels  |            |                               |               |
| Pages: 43   | Figures: 8 | Tables: 7                     | Appendixes: 2 |
| Chair: Chair of Energy Application Engineering<br>Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering, 4.17. Energetic Research, T140 Energy Research<br>Supervisors: Andres Annuk, <i>PhD</i><br>Place and date: Tartu, 2018  |            |                               |               |
| In this research, the owner of farm, got installed solar power station in 2014. The energy that the station produces, is used for own household and also for selling electrical energy to the network. The aim of this thesis, is to research and find out the time of profitability and also to get to know, if the installation was purposeful or without any renewable energy support there is no point of installing solar power station in Estonia. The thesis was written based on collected data from the beginning of installation and also the data from electrical bills. The calculations were made using real data, not the calculative values based on theories. It turns out, that the time of profit will be 18,3 years, but without any renewable energy support, it would be 46,2 years. |            |                               |               |
| Keywords: solar panels, capacity, renewable energy, profitability   |            |                               |               |

# SISUKORD

|  |    |
|--|----|
| SISSEJUHATUS.....  | 5  |
| 1. PÄIKESE ELEKTROENERGEETIKA OLEMUS JA KASUTAMINE ..... | 7  |
| 1.1. Päikese elektroenergeetika olemus.....              | 7  |
| 1.2. Päikese elektroenergeetika maailmas .....           | 8  |
| 1.3. Päikese elektroenergeetika Eestis .....             | 10 |
| 1.4. Päikeseenergia toetused Eestis.....                 | 12 |
| 2. ENERGIAVARUSTUSE VÕIMALUSED PV PANEELIDEGA.....       | 15 |
| 2.1. PV paneelid.....                                    | 15 |
| 2.2. PV paneelide paigaldus .....                        | 17 |
| 2.3. Päikeseelektrijaam.....                             | 18 |
| 3. UUS-KÕNGI TALU ENERGIAVARUSTUS PV PANEELIDEGA .....   | 20 |
| 3.1. Andmed .....  | 20 |
| 3.2. Päikeseelektrijaama vajadus .....                   | 22 |
| 3.3. Olemasoleva päikeseelektrijaama ülevaade .....      | 23 |
| 3.4. Päikeseelektrijaama soetamise maksumus .....        | 24 |
| 3.5. Energiakasutuse maksumus .....                      | 26 |
| 3.6. Päikesejaama arvutuslik tootlikkus .....            | 29 |
| 3.7. Päikesejaama tegelik tootlikkus .....               | 30 |
| 3.8. Päikesejaama tasuvusaeg.....                        | 32 |
| KOKKUVÕTE.....   | 35 |
| KASUTATUD KIRJANDUS .....                                | 37 |
| LISAD.....   | 40 |
| Lisa 1. Elektriarve 1. lehekülje koopia.....             | 41 |
| Lisa 2. Elektriarve 2. lehekülje koopia.....             | 42 |
| LIHTLITSENTS.....  | 43 |

## SISSEJUHATUS

Elanikkonnale muutub üha tähtsamaks, millises keskkonnas elatakse ning usaldus taastuvenergia kasutamise vastu on kindlas tõusujoones. Mõistetakse, et elektrienergia tootmine tuulest, veest, päikesest, biomassist kui ka olmeprügist väldib keskkonna saastamist ja hoiab loodust. Päikeseenergial on oluline roll, et vähendada heitgaaside teket ja tagada jätkusuutlik energia tulevikuks. Päikeseenergiat on võimalik kasutada kütmiseks, jahutamiseks, valgustamiseks, elektrienergiaks, transportimiseks ja isegi keskkonna puhastamiseks. Keskmise päikeseikiirgus ruutmeetri ja aasta kohta on võimeline tootma sama koguse energiat kui barrel naftat, 200 kg kivisütt või 140 m<sup>3</sup> maagaasi. [1]

Siinses töös on uuritavaks objektiks Valga maakonnas Otepää vallas Vaalu külas Uus-Kõngi (katastritunnus: 72401:001:0150) maaüksusel paiknev 11 kW suurune päikeseelektrijaam, mida kasutatakse nii enda majapidamise tarbitava elektrienergia tootmiseks kui ka võrku müümiseks. Töö õnnestumiseks on mõõdetud päikeseelektrijaama tootlikkus aastal 2015 ning arvesse on võetud Eesti Energia poolt esitatud elektriarveid aastatel 2014–2018. [2]

Töös on uuritud ja analüüsitud seda, kas Eestis, vähese päikese kliimas, on keskmisel elektritarbijal tasuv omada päikeseelektrijaama ning kas tegemist on otstarbeka investeeringuga, kui puudub taastuvenergia toetus. Uurimistöö eesmärk on välja selgitada Uus-Kõngi tallu paigaldatud päikeseelektrijaama tasuvusaeg ning saada teada, kas tegemist on otstarbeka investeeringuga, kui puudub taastuvenergia toetus. Püstitatud eesmärk on kooskõlastatud Uus-Kõngi talupidajaga ja siinse töö tulemused on talule praktiliselt kasulikud.

Eesmärgi saavutamiseks:

- 1) antakse ülevaade päikeseenergeetikast;
- 2) kirjeldatakse erinevate PV paneelide (päikesepaneelide) olemust;
- 3) kirjeldatakse päikesepaneelide soetamiseks mõeldud toetusvõimalusi Eestis;
- 4) kirjeldatakse uuritava objekti asukohta ning sinna paigaldatud päikeseelektrijaama;
- 5) tuuakse välja päikeseelektrijaama soetamise maksumus, -toetused, kasutatud- ja võrku müüdud elektrienergia sissetulekud ja väljaminekud;

- 6) arvutatakse päikeseelektrijaama arvutuslik- ja tegelik tootlikus ning päikeseelektrijaama tasuvusaeg.

Bakalaureusetöö koosneb kolmest osast. Esimeses peatükis tutvustatakse päikese elektroenergeetika olemust ning selle kasutusvõimalusi. Samuti on antud ülevaade päikeseenergia toetusvõimaluste kohta Eestis. Teises peatükis keskendutakse PV paneelide kirjeldusele ja nende paigaldusele ning vaadeldakse võrku ühendatud ja võrgust eraldiseisvaid päikeseenergiasüsteeme. Bakalaureusetöö viimases peatükis antakse ülevaade uuritavast objektist ning teostatakse vajalikud arvutused leidmaks päikeseelektrijaama tasuvusaeg.

# **1. PÄIKESE ELEKTROENERGEETIKA OLEMUS JA KASUTAMINE**

## **1.1. Päikese elektroenergeetika olemus**

Päikeseenergia saadakse päikesekiirgusest ning päikeseenergia ärakasutamine on tulevikku suunatud energia vorm. Siiski on päikesekiirgus piiratud: suvel on päikesepaistelisi päevi rohkem kui talvel. Energiat vajab inimene aga rohkem külmal aastaajal ehk talveperioodil. Aastal 2017 oli Eestis päikesepaistelisi tunde keskmiselt 1759 (norm 1765,8 tundi/aastas). [3]

Päikesekiirgust on kolme liiki: otse-, hajus- ja maapinnale peegelduv kiirgus. Kõige rohkem energiat annab otsekiirgus, mis levib paralleelsete kiirtena ning jõuab maapinnani, kui taevas on pilvitu. Hajuskiirgus jõuab maapinnani peale atmosfääris hajumist. Hajuskiirguse allikaks on otsene päikesekiirgus. Nii otse- kui ka hajuskiirguse vood sõltuvad päikese kõrgusest (mida kõrgemal, seda rohkem päikesekiirgust), atmosfääri läbipaistvusest (mida läbipaistvam, seda väiksem on hajuskiirgus), pilvede liigist ja hulgast. Kõige väiksema tootlikkusega on maapinnalt peegelduv päikesekiirgus, mis esineb Eestis talvel (peegeldus lumepinnalt). [4]

Kasutades ära päikeseenergia eripärasid, on võimalik vähendada energiahulka, mis kulub valgustusele ja kütmisele. Päikeseenergiast saab elektrienergiat toota otse, selleks kasutatakse päikesepaneele (PV paneelid / päikeseplatari / PV moodulid). Ühtlasi on võimalik kasutada päikeseenergiat ka sooja vee, küttevee ja tarbevee tootmiseks päikesekollektoritega. Enamasti kasutatakse selliseid päikesekollektoreid riikides, kus on suurem kiirgushulk – riikides, mille asukoht on väiksematel laiuskraadidel. Aga kuna iga aastaga suurenevad seadmete efektiivsus ja arenevad tehnilised lahendused, on hakatud kasutama ka sarnaseid lahendusi näiteks Rootsis ja Austrias. [5]

## 1.2. Päikese elektroenergeetika maailmas

Energia tarbimine kasvab maailmas iga aastaga. Euroopas kasutatakse kuus ühe elaniku kohta rohkem energiat kui Aafrikas ja Aasias, ning kolm korda rohkem kui Lõuna-Ameerikas. Olgugi et suurem osa energiast annavad fossiilsed kütused, on jätkusuutlikuks eluks vajalik üle minna taastuvenergia kasutusele.[6]

Energia muundumise ahela ühes otsas on päike ja teises otsas inimene, kes saab päikeseenergiat ära kasutada igapäevaseks elutegevuseks, näiteks koduse kliima parandamiseks. Valgus neeldub ja see muundatakse soojusenergiaks. Päikeseenergia, mis maale langeb, sisaldab suures koguses energiat, mida päikeseelemendid aitavad meil ära kasutada. Päikese-soojust saame talletada päikesepaneelide abil, sest päikeseelemendid muudavad valguse otse elektrienergiaks. [6]

Päikeseenergiat saab kasutada soojatootmiseks ning tarbevee kütteks. Soojatootmisel muundab päikesepaneel päikesekiired soojuseks, kui päikesevalgus langeb matile, mustale pinnale. Soojus transporditakse seejärel ringluses oleva vedeliku või gaasi abil edasi ning seda kasutatakse peamiselt hoone kütmiseks ja vee soojendamiseks. [6]

Päikeseenergiast saab otse toota elektrit – selleks kasutatakse fotoelektrilisi päikesepaneelide ehk PV mooduleid, mis on tehtud spetsiaalselt ettevalmistatud pooljuhtmaterjalide kihtidest, näiteks ränist, mis hakkavad valguse footonite peale langedes voolu andma. Fotoelektrilised PV süsteemid on sageli kinnitatud hoonete katustele või fassaadidele, andes seeläbi osa või kogu vajalikust tarbitavast elektrikogusest. [5]

Võrreldes 2015. aasta lõpuga tõusis päikeseenergia tootmisvõimsus 2016. aasta lõpuks 33,2%. Tänu 75 GW võimsusega uute päikesejaamade ehitamisega jõudis maailmas kogutootlikkus 301 GW-ni. Suurim juurdekasv registreeriti Hiinas (34,5 GW) ning Ameerika Ühendriikides (14,7 GW), mis kokku moodustab 2/3 kogu maailma päikeseenergia võimsuse kasvust. [7]

Maailmas on palju riike, kes väärtustavad päikeseenergia tootmist. Tabelis 1.1. on välja toodud 2016. aasta lõpuks 10 kõige suurema koguvõimsusega päikesepaneeli paigaldanud riigid. [8]



**Tabel 1.1.** Maailma suurimad päikesepaneelide paigaldanud riigid 2016. aasta lõpuks [8]

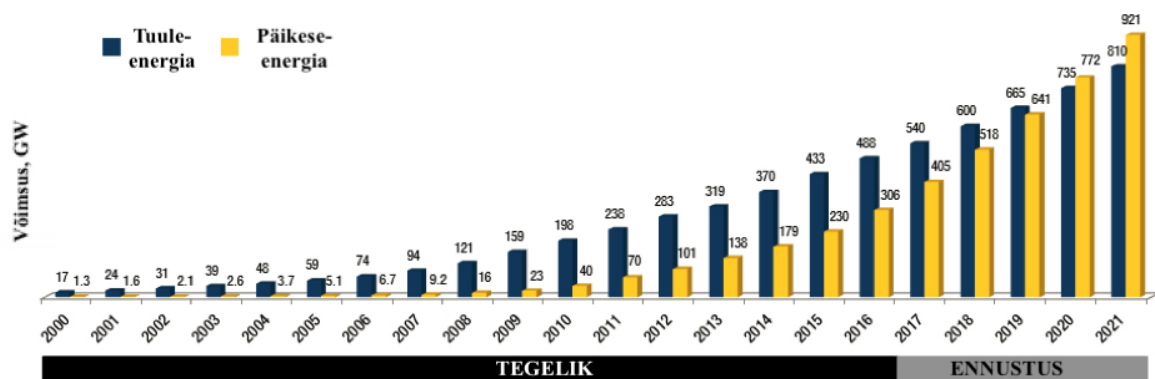
| Koht | Riik                 | Koguvõimsus, GW |
|------|----------------------|-----------------|
| 1    | Hiina                | 78,1            |
| 2    | Jaapan               | 42,8            |
| 3    | Saksamaa             | 41,2            |
| 4    | Ameerika Ühendriigid | 40,3            |
| 5    | Itaalia              | 19,3            |
| 6    | Inglismaa            | 11,6            |
| 7    | India                | 9               |
| 8    | Prantsusmaa          | 7,1             |
| 9    | Austraalia           | 5,9             |
| 10   | Hispaania            | 5,5             |

Tabelist nähtub, et kõige suurema paigaldatud päikesepaneelide koguvõimsusega on esikohal Hiina ning talle järgnevad omavahel tihedalt konkureerivad Jaapan, Saksamaa ja Ameerika Ühendriigid. Kuni 2015. aastani oli Saksamaa maailma liider päikesepeakide rajamisel, kuid Hiina koos Jaapani ja Indiaga on samuti jõudsalt arenenud, lisades oma päikesepeakidesse 147 GW koguvõimsust [9]. Päikesepaneelide tootjana omab 50% turust Hiina, aidates kaasa päikeseenergia olulisemalt suuremale kasutuselevõtule. [10]

Kuigi seni on päikeseenergiat kasutatud märgatavalt vähem kui tuuleenergiat, siis viimastel aastatel on päikeseenergia kasutuselevõtt hoogustunud. Ennustatakse, et 2019. aastaks möödub päikeseenergia tuuleenergiast, sellesse paigaldatud mahutavuse poolest. [9]

Tuuleveskeid on ehitatud sajandeid. 2015. aastal paigaldati rekordiliselt tuuleparke võimsusega kokku 432,7 GW. Alates 2016. aastast ehitus aeglustus, millele avaldas mõju ka sellele järgnenud majanduslangus. [9]

Viimastel aastatel tohutu hinnalanguse tulemusel on päikeseenergiat laialdaselt tunnustatud kui kulutõhusat ja usaldusväärset energiaallikat. Päikeseenergia revolutsioon algas 2008. aastal, kui hakati kasutama päikeseenergiat järjest rohkem (joonis 1.1). [9]



**Joonis 1.1.** Tuuleenergeetika ja päikeseenergeetika hetkeolukord ja prognoos [9].

Jooniselt on näha, et päikeseenergia tootlikkus liigub tõusvas joones ning prognoositakse, et juba 2021. aastaks möödub päikeseenergia tuuleenergiast.

USAs on tuuleenergia kasutatavuselt oluliselt populaarsem kui päikeseenergia. 2017. aastal toodetud taastuvatest energiaallikatest toodeti 21% tuuleenergiast ja ainult 7% päikeseenergiast. Päikeseenergiat kasutavad väikemajapidamised. Tuuleturbiinidel on ka liikuvad osad, mis võivad põhjustada suuremat kulumist ja kõrgemaid hooldusnõudeid. Seevastu päikeseenergiasüsteem on püsiv ja vajab piiratud hooldust. Päikeseenergia tootmine on tuuleenergiast väikeelamute energia tootmiseks praktilisem. [11]

### 1.3. Päikese elektroenergeetika Eestis

Olenemata sellest, et nii päikese- kui tuuleenergia on looduslik ega riku ökoloogiat, on neil ka mõningad miinused. Esiteks ei ole päike ega ka tuul pidevalt saadaval ning teiseks ei ole nende kasutamine nii efektiivne, kui soovitakse. Päikesepaneelide tootlikkus on Eestis sama, mis maailma suurimal päikeseenergia tootjal Saksamaal. Samas on Eestis päikeseenergiat vähem kui Saksamaal, aga päikesepaneelide efektiivsus on kompenseeritud tänu keskmisest madalamale temperatuurile. Eestis on eripäraks madal päikesepaneelide tootlikkus talvekuudel, sest märtsist oktoobrini toodavad päikesepaneelid aastasest energiakogusest lausa 90%. [12, 13]

2016. aastal lisandus uusi päikeseenergia tootmisvõimsusi 3,75 MW ning võrreldes 2015. aastaga on tegemist kahekordse toodetud elektrienergia kasvuga ehk peaaegu 3 GWh-ni. Hinnanguliselt on 2016. aasta lõpuks jõudnud päikesepaneelide installeeritud

koguvõimsus 10 MW-ni ning 2016. aastal lisandus ligi 250 uut päikeseelektritootjat, kellest 243 on liitunud võrguga ning neile lisanduvad veel autonoomsed tootjad, kes ei ole võrguga ühinenud. Samuti on hoogustunud suuremate päikesepeakide kasv, mille võimsus on üle 200 kW ning on suurenenud autonoomsete päikeseelektrijaamade arvukus, millele on kaasa aidanud Elektrilevi Off-Grid hajajaamade püstitamine. [14]

Elektrilevi Off-Grid peetakse kompaktselt elektrilahenduseks, mis toob elektri kõikjale, kus seda vajatakse ning seda võrguvabalt. Elektrilevi Off-Grid hajajaam on Eesti inseneride poolt välja töötatud nutikas elektritarbimise lahendus, mis komplekteeritakse iga majapidamise tarbeks eraldi ja personaalselt. Hajajaam võimaldab elektri saamist kõikjal, mistõttu on selle paigaldus võimalik ükskõik millisesse soovitud kohta. Samuti arvestab hajajaam hetkelist tarbimisvajadust ning pole ka piiratud tarbimise suurendamine tulevikus. [15]

Päikeseenergeetika on jõudsalt kasvanud ja kindlasti kasvab ka edaspidi, sest tehnoloogia hinnad on pidevas languses. Kui 2016. aastal lisandus 250 uut päikeseenergiatootjat, siis 2016. aasta lõpuks on elektrit võrku müüvaid ja taastuenergia toetust saavaid päikeseenergia väiketootjate arv tõusnud juba 809-ni, kellest enamuse moodustavad mikrotootjad. Neile lisanduvad veel need, kes on küll paigaldanud päikesepaneelid, kuid pole sellest teada andnud võrguettevõtjale. [14]

Rekordilised 3,7 MW päikeseenergia tootmisvõimsust lisandus 2016. aasta, mis on rohkem kui aastatel 2011–2014 kokku ning see on ainuüksi 16% enam kui 2015. aastal. AS Elering ja Imatra AS-i andmetel on kokku ühendatud võrguga 11 MW paneele. AS-i Elering avaldatud andmetel on 2016. aasta lõpuks Eestis installeeritud netootmisvõimsuseid 2974 MW, millest päikeseenergia osakaal on tähtsusetu 0,37%, küll aga iseloomustades jätkuvat kasvu, kui seda võrrelda 2015. aasta 0,2%-ga. [14]

AS-i Elering andmetel toodeti 2015. aastal võrku 1,5 GWh päikeseenergiat, 2016. aastal see kahekordistus ning võrku toodeti 3 GWh elektrit. Kuna aga majapidamiste ja ettevõtete omatarbimist on keeruline hinnata, siis võib arvata, et tegelik päikesepaneelide toodang on suurem ning selle võrra on võrku antava elektrienergia kogus väiksem. [14]

## 1.4. Päikeseenergia toetused Eestis

Taastuvenergia kasutamine sõltub makstavatest toetustest. Kõige enam on makstud taastuvenergiast toetusi tuumaenergiale ja fossiilkütuste energiale. 2016. aastal maksti vastavalt elektrituruseadusele 143 142 euro suurune päikeseenergia toetussumma, mis on küll 51% suurem kui 2105. aastal makstud toetussumma, kuid on vaid 0,21%-line osa kogu makstud toetusest. [14, 16]

Päikesepaneelide kasutamise kasvule on kaasa aidanud tootmiskulude vähendamine ja toetuste jagamine riigi poolt. Viimastel aastatel on Euroopas paigaldatud päikesepaneele riiklikult toetatavate tegevuste käigus – eesrindlikumad on Saksamaa, Itaalia, Prantsusmaa ja Hispaania. Eestis makstakse toetusi taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergiale. Vastavalt elektrituruseadusele on kohustus maksta toetused välja põhivõrguettevõtjal ehk AS Eleringil. Toetuse alla kuuluv elektrienergia kogus arvutatakse saldeeritud tunniandmete alusel, mis on võrku edastatud (võrku edastatud elektrienergia, millest on lahutatud samas tunnis võrgust saadud elektrienergia) ning toetuse määr on 5,37 s/kWh kohta. [17]

Keskkonnainvesteeringute Keskus toetab selliseid taastuvenergeetika projekte, mille rahastus on pärit nii Euroopa Liidust, CO<sub>2</sub> kvoodi müügist kui ka keskkonnatasudest. Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Amet (PRIA) pakub erinevaid toetusmeetmeid taastuvenergiast süsteemide paigaldamiseks, kuid seda vaid juhul, kui tegemist on põllumajandust või maaelu arengut toetava projektiga. [17]

KredExil on pakkuda korterelamutele erinevaid finantslahendusi, mille eesmärgiks on tõsta energiatõhusust ning sealhulgas paigaldada taastuvenergia seadmeid. KredExi rekonstrueerimistoetus on mõeldud ühistutele ja ühisustele, kelle sooviks on rekonstrueerida oma korterelamu ühe terviklahendina. Aastal 2018 antakse juriidilistele isikutele (ettevõtjatele, korteriühistutele ja omavalitsustele) KredExi päikesepaneelide paigaldamise toetust aasta kohta kokku 1,4 miljonit eurot ning edaspidi makstakse toetuseks miljon eurot aastas. Toetust on võimalik taotleda päikesepaneelide projekteerimiseks, päikesepaneelide soetamiseks kui ka päikesepaneelide paigaldamise kulude katteks. Toetuse määr võib olla kuni 30% toetatavate tegevuste kogusummast, kuid see ei tohi ületada 30 000 eurot taotleja kohta. Toetuse eesmärgiks on suurendada elektri osakaalu, mis on toodetud taastuvatest energiaallikatest ning vähendada saasteainete heitkogust, mis tulevad energia

tootmissüsteemist. Ka eraisikutele on tekitatud võimalus taotleda KredExist toetust taastuvenergiaseadmete kasutuselevõtuks, mis on mõeldud väikeelamute rekonstrueerimistoetusena ning mida saab taotleda enne 1993. aastat ehitatud ja kasutusse võetud väikeelamute jaoks. [17, 18, 19]

Eesti alustas 2007. aastal taastuvatest energiaallikatest pärit elektrienergia tootmist. Veel enne kui kehtestati toetused, moodustas taastuvenergia energiatarbimisest vaid 1,5%, kuid juba aastaks 2012 oli see tõusnud 15,8%-ni ning juba 2017. aastaks 28,8%-ni. Taastuvenergia toetamine pole tulnud üksnes rohelisest mõtteviisist, vaid suuresti ka Euroopa Liidu seatud eesmärkidest. Aastaks 2030 on Euroopa Liidu eesmärgiks suurendada taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimises 27%-ni. 20. oktoobri 2017. a Vabariigi Valitsuse korraldusega nr 285 heaks kiidetud arengukava „Energiamajanduse arengukava aastani 2030“ meetme 1.1. „Elektrienergia tootmise arendamine“ plaanitava sihttaseme kohaselt tahetakse aastaks 2030 kütusevabade energiaallikate (päike, tuul, hüdroenergia) osakaal elektri lõpptarbimises tõsta vähemalt 10%-ni. [20]

Taastuvenergiast elektri tootmisel on päikeseenergial olnud tähtsusetu osa ning peamiselt on kasutatud väikelahendustena. Motivatsioon väiksemate päikeseelektri tootmisüksuste paigaldamiseks on tulnud soovist säästa keskkonda ja ressursi. [20]

Toetuste andmisel on soov suurendada taastuvatest energiaallikatest, eelkõige päikeseenergiast toodetud elektri osakaalu energiabilansis ning selle kaudu jõuda saasteainete heitkoguse vähenemiseni, mis pärineb energia tootmissüsteemist. Kui traditsioonilised elektritootmisüksused töötavad põhiliselt fossiilsetel kütustel, siis päikeseenergiat peetakse üheks suurimaks kasutatavuse potentsiaaliga taastuvaks energiaressursiks. [20]

AS-i Elering andmetel moodustas taastuvenergia 16,8% elektrienergia kogutarbimisest ning 2017. aastal toodeti Eestis taastuvatest allikatest pärinevat elektrienergiat 14% enam kui 2016. aastal. Eesti on võtnud eesmärgiks viia 2020. aastaks taastuvenergia osa elektrienergia kogutarbimisest 17,6%-ni. Kogutoodangust andsid 56% biomass, biogaas ja jäätmed, tuuleenergia andis 42% taastuvenergia kogutoodangust ning kogutoodang kasvas aastaga lausa 13%. Päikeseenergia poolt toodetud elektrienergia maht kasvas ligi kaks korda, mis näitab, et päikeseenergia tegi suurima kasvu võrreldes aastaga 2016. Toetussummad päikeseenergiale suurenesid samas mahu ning ulatusid enam kui 311 000 euron, kuid see

summa moodustab aga kogu väljamakstud toetustest vaid tähtsusetu osa. Kokku on teadaolevalt 1200 päikesepaneelidega elektrienergia tootjat, kuid on ka neid, kes tarvitavad kogu toodangu enda tarbeks ja toetusele ei pretendeeri. Toetust saavate päikesepaneelide omanike arvule lisandus aastaga üle 250 tootja ning on 2017.aastaks tõusnud ligi 900-ni.

[21]

## 2. ENERGIAVARUSTUSE VÕIMALUSED PV PANEELIDEGA

### 2.1. PV paneelid

Päikesepaneelid (PV paneelid) on seadmed, mida kasutatakse päikese kiirguse neeldumiseks ja selle muundamiseks elektrienergiaks või soojuseks. Päikesepaneel koosneb päikeseelementidest ehk fotogalvaanilistest elementidest. Päikesepaneelidega saab toota energiat nii kodus kasutamiseks kui ka võrku müümiseks. [22]

Kodumajapidamiste päikesepaneelide paigaldamine aitab võidelda kasvuhoonegaaside kahjulike heitkogustega ja seega aitab vähendada globaalset soojenemist. On esile toodud, et päikesepaneelid ei põhjusta reostust ja on puhtad. Nad vähendavad ka meie sõltuvust fossiilkütustest ja traditsioonilistest energiaallikatest. [22]

Päikesepatareide elemente valmistatakse õhukesest kilest või mono- ja polükristallidest. Levinumaid neist on mono- ja polükristallpäikesepaneelid. Jooniselt 2.1 nähtub, et päikesepaneelid on välimuse poolest väga erinevad. Õhukese kilega paneel (vasakult esimene) on valmistatud õhukesest venitatud kilest. Monokristalliline (keskmine) eristub polükristallilisest paneelist (parempoolne) värvi- ja ruudu kuju poolest. Mida rohkem on omavahel ühendatud elemente, seda rohkem elektrit toodab süsteem. [24]



**Joonis 2.1.** Päikesepaneelid: õhukese kilega, monokristalliline ja polükristalliline [23].

Fotoelemente saab liigitada tootmistehnoloogiate järgi kaheks: kristalliline räni (ingl *Crystalline Silicon*) ja õhukesekihilised elemendid (ingl *Thin Film*). Tänapäeval valmistatakse ~80% päikesepaneelidest kristallilise räni baasil (mono- ja polükristall) ning ülejäänud on õhukesekihilised, mille hulka kuuluvad amorfne räni (a-Si), kaadmiumtelluriit (CdTe), vaskindiumgalliumseleniit, (CIS/CIGS) ja orgaanilised fotogalvaanilised elemendid (OPC). Tulevikus arvatakse, et suureneb õhukesekihiliste päikesepaneelide turuosa, mis tuleneb sellest, et tehnoloogia on muutunud odavamaks ning elementide efektiivsus üha kasvab. Peamiseks erinevuseks tehnoloogiate vahel peetakse paneelide turuhinda, efektiivsust ning samuti temperatuuri koefitsienti. Samuti tuleb päikesepaneelide valiku tegemisel silmas pidada, mis põhimõttel neid paigaldatakse. [24]

Linnaruumi sobivad kristallilisest ränist toodetud päikesepaneelid, sest nende päikeseelementide efektiivsus on antud hetkel kõrgem kui muudel õhukesekihilistel tehnoloogiatel. Kuna linnaruumis puudub laialdaselt vaba maa-ala, on võimalik ära kasutada optimaalselt katuseruumi, mis omakorda tagab päikesepaneelide pikema eluea ning samuti on sellele paigaldamise hind madalam kui mujale paigaldamine. [24]

Alternatiivina kristallilisele ränile (mono- ja polükristallist paneelidele) on võimalik paigaldada päikesepaneele ka õhukesekihilise tehnoloogiaga (ehk siis õhukesest kilest). Selle eelised kristallilise räniga paneelide ees on: 1) madalam tehase hind, 2) parem toodangu sõltuvus temperatuurist, 3) kiire hinna alanemine ja efektiivsuse tõus ja 4) varjude teke ei mõjuta niivõrd tööpinget kui jadamisi ühendatud kristallränni elementidel. [24]

Eestis on hetkel õhukesekihilised päikesepaneelid jäetud veel sedavõrd tagaplaanile, et ei ole kasutusel ühtset terminit tähistamaks seda tehnoloogiat. Mõnevõrra on kasutusel väljend „sadestatud kilega päikesepaneelid”. Eestis ei kasutata õhukesekihilisi päikesepaneele, kuna neid peetakse ebatöökindlateks, ebaefektiivseteks ning ka kulukamateks. [24]

Päikesepaneelid on taastuenergia allikatest kõige töökindlamad, kuna neil puuduvad liikuvad osad. Samuti on hoolduskulud väikesed. Päikeseelementid ühendatakse omavahel alumiiniumraamiga. Paneelid on kaetud peegeldust vähendava klaasiga. Katuse- ja fassaadilahendustena kasutatakse ka raamideta paneele. [25]

Tüüpiline üksik päikeseelement annab välja võimsust vähem kui 5W ning seetõttu on vajadus ühendada elemendid jadamisi või rööbiti, et tagada soovitud võimsus. Jadamisi



ühendatud päikesepaneelide väljundvõimsused varieeruda mõnest vatist kuni enamasti 300 vatini. Päikeseelektrijaama vajaminevat võimsust hinnatakse peamiselt energiatarbe iseloomu, pinna ja kiirgushulga järgi. [5]

## **2.2. PV paneelide paigaldus**

Päikesepaneelide kasutamise eeliseks peetakse selle keskkonnasõbralikkust. Päikesepaneelid on vastupidavad ning nende eluaeg on pikk. Üha enam kavandatakse seadmeid, mis koguvad, muundavad ja salvestavad päikeseenergiat. Samas ei ole leitud veel tasakaalu hinna ja efektiivsuse vahel ning efektiivsed päikesepaneelid on väga kõrge hinnaga. [22, 26]

Päikesepaneelide paigaldamiseks on erinevaid viise. Eestis kõige levinum viis on paigaldada paneelid hoonete lõunapoolsematele katustele ning hoonete lõunapoolsematele fassaadidele, kus päike kõige intensiivsem ja ööpäevas kõige kauem kättesaadav. Katustele paigaldatakse paneelid paigaldusnurgaga 40 kraadi maapinna suhtes. Paneelide efektiivsuse tõstmiseks kasutatakse suvel kaldenurga muutmist 30–40 kraadi ja talvel 90 kraadi maapinna suhtes. [25]

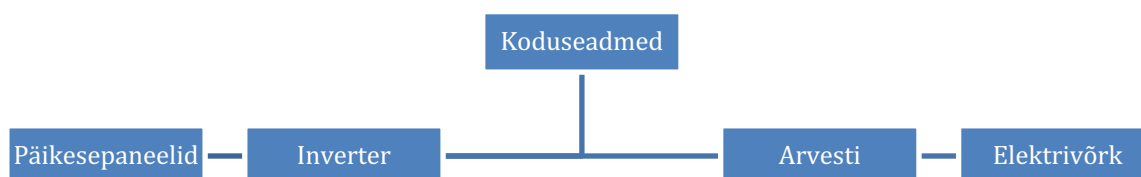
Lõuna-Eesti maapiirkonnas on märgata maapinnale paigaldatud päikesejaamasid, kus päikesepaneelid on paigaldatud hoideraamile, mis omakorda on asetatud tugisambale. Bakalaureusetöö autori arvates võib oletada, et neis kohtades on päikesejaamade asemel olnud varem põllumaa ning on tõenäoline, et otsitakse uusi väljakutseid põllumajandustootmisele.

Kuna päike muudab oma asimuuti ühes tunnis keskmiselt 15 kraadi maapinna suhtes, siis tuleb päikesejaama ehitamisel arvestada, et paneelid ei oleks paigaldatud üksteisele liiga lähedale. Selle tingimuse täitmisel saab ära hoida varjude tekke teistelt paneelidelt, mis vähendaks muundatud elektrienergia kogust. [27]

Päikesejaama kasuteguri suurendamiseks kasutatakse päikese jälgimise seadet. Päikese jälgimise süsteem parandab päikeseelektrijaama jõudlust, viies paneelid otse päikese poole kogu päeva jooksul. Kui kasutada seda süsteemi, siis suureneb päikeseelektrijaama efektiivsus 30% võrra. [28]

### 2.3. Päikeseelektrijaam

Tehnoloogiliselt on olemas kaks erinevat päikesega elektritootmise süsteemi. Üheks on võrku ühendatud päikese süsteemi (päikeseelektrijaam) ja teiseks on eraldiseisev päikese süsteem. Võrku ühendatud päikeseenergia süsteemide põhimõte on toota kogu hetkel vajaminev elektrienergia tarbija tarvis ning ülejäänud osa anda ära elektrivõrku (joonis 2.1). Kui tarbija nõudlus elektrienergiale on suurem kui süsteemi poolt genereeritav võimsus, siis saadakse puudujääv osa üldvõrgust. Võrku ühendatud süsteemidel on võimalus töötada ka puhta elektrijaama põhimõttel, kus kogu elektrienergia, mis toodetakse, antakse ära elektrivõrku. Enamus päikese paigaldisi, olenemata nende kasutusotstarbest, on lahendatud sellisel viisil, sest akupark eraldiseisva süsteemi jaoks tähendab lisaks 50% suurust investeeringukulu. [5]



**Joonis 2.2.** Võrku ühendatud päikese süsteemi lihtsustatud tööpõhimõte.

Võrgust eraldiseisvad süsteeme kasutatakse peamiselt aladel, kus elektriline võrguühendus on puudulik (joonis 2.3). Sellisteks aladeks on enamasti saared ja maapiirkonnad, mis on elektrivõrgust eraldatud, kuid ka linnapiirkonnas võib leida eraldiseisvaid süsteeme, kus võrgust eraldiseisva lahenduse kasutamine on mõistlik või tarbija enda soovil. Sellise lahenduse jaoks on aga vajalik piisava võimsusega patareipark, mis tagaks ka öösel või päikesevaesel ajal vajamineva võimsuse. Need süsteemid aga ei ole laialt levinud, sest süsteemi hind kujuneb väga kõrgeks. [5]



**Joonis 2.3.** Võrgust eraldiseisva päikeseenergiasüsteemi lihtsustatud tööpõhimõte.

Siinses töös uuritud päikeseelektrijaam Uus-Kõngi talus töötab võrku ühendatud lihtsustatud tööpõhimõttel, kus päikeseenergiasüsteem toodab elektrienergia tarbijapäigaldise tarvis ning ülejäänud osa antakse ära üldisesse elektrivõrku. Kui päeval ajal kodumajapidamises tarbimist ei toimu, siis antakse võrku kogu toodetud elektrienergia. Öisel ajal, kui päikeseenergia pole kättesaadav ning kui süsteem ei suuda tagada genereeritavat võimsust, siis võetakse puudujääv osa üldvõrgust, sest võrku ühendatud süsteemil puudub akupank.

### 3. UUS-KÕNGI TALU ENERGIAVARUSTUS PV PANEELIDEGA

#### 3.1. Andmed

Bakalaureusetöös on vaadeldavaks objektiks Valga maakonnas Otepää vallas Vaalu külas Uus-Kõngi (katastritunnus 72401:001:0150) maaüksusel paiknev 11 kW suurune päikeseelektrijaam, mida kasutatakse nii enda majapidamises tarbitava elektrienergia tootmiseks kui ka võrku müümiseks. Kinnisasja suurus on 12 ha maad, millest 8,4 ha on haritavat maad, 1 ha looduslikku rohumaad, 0,8 ha õuemaad ning 0,1 ha veealust maad (joonis 3.1). Kinnisasjal on ühekorruseline üksikelamu (ehituslune pind 182 m<sup>2</sup>), ait/kelder (80 m<sup>2</sup>), laut (148 m<sup>2</sup>) ja ehitusregistrisse 30.08.2014 kantud päikeseplatade alus (52,4 m<sup>2</sup> ja kõrgus 2,9m). [2, 29]



Joonis 3.1. Uus-Kõngi talupiirid [2].

Jooniselt on näha, et haritav maa moodustab väga suure osa kogu kinnistust. Päikesepaneelid (joonisel piiritletud kollase joonega) asuvad põllumaa ääres ja taluhoonete läheduses, mis tähendab, et päikesepaneelidele ei teki varje päikesest.

Uus-Kõngi talu üksikelamus on ahi, kamin ja pliit, mida köetakse tahke puitküttega. Elamahoone kütmiseks ning sooja vee tarbeks on olemas akumulatsioonipaak, mida köetakse puudega ning kuhu antud hetkel ei ole paigaldatud elektriküttekeha. Aastaringselt elab talus kaks inimest. Suvekuudel kasutavad lapsed oma perelega talu suvemajana.

Uus-Kõngi talu peamine elektritarbimine toimub elamuhooones. Päikeseelektrijaamas toodetud energiat kasutatakse talupidamises väikeses mahus ning enamus toodetud energiast müüakse võrku (tabel 3.1).

**Tabel 3.1.** Tarbitud ja toodetud elektrienergia võrdlus 2015. aastal

|           | Tarbitud<br>elektrienergia,<br>kWh | Toodetud<br>elektrienergia,<br>kWh |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|
| jaanuar   | 419,1                              | 65                                 |
| veebruar  | 351,0                              | 411                                |
| märts     | 376,7                              | 884                                |
| aprill    | 314,5                              | 1050                               |
| mai       | 277,9                              | 1450                               |
| juuni     | 297,2                              | 1650                               |
| juuli     | 349,9                              | 1520                               |
| august    | 293,1                              | 1783                               |
| september | 302,8                              | 1300                               |
| oktoober  | 438,8                              | 585                                |
| november  | 440,7                              | 185                                |
| detsember | 535,7                              | 95                                 |
| Kokku     | 4397,4                             | 10978                              |

Tabelist 3.1. on näha, et aastal 2015 on toodetud elektrienergia olnud 10978 kWh, mis on poole suurem tarbitud elektrienergiast. See omakorda tähendab, et lisaks talu elektritarbimisele on võimalus ka elektrienergia võrku müümiseks. Suurim müük toimub suvekuudel, kui kulud on väiksemad, aga päikesevalgust on rohkem.

### 3.2. Päikeseelektrijaama vajadus

Päikesejaama tehnoloogia on tänu nõudlusele jõudsalt arenemas. Päikesejaamade ehitamise hinnad on langenud keskmiselt 13%. Paigaldise tervikmaksumusest moodustab üle poole päikesepaneelide soetamiseks tehtav investeeringukulu. Tulevikus oodatakse jätkuvat ühikuhinna langemist sarnaselt seni kehtivale reeglile, milleks annavad kindlust üha suurenevad mahud. Tänu hindade alanemisele on päikesepaneelide tasuvuse ja võimalikkuse uuringuid hakatud üha rohkem teostama. [5]

Uus-Kõngi talu peremehele kui keskmisele elektritarbijale on oluline teada saada, kas päikesejaama omamine tasub end Eesti vähese päikesega kliimas ära ning millised on võimalused minimaalsete vahenditega päikesejaama omamine kasumlikuks projektiks muuta. Tehes mahuka investeeringu, on oluline ära kasutada päikesepaneelidest toodetud elektri kasutamise võimalused oma tarbeks.

Uus-Kõngi talu peremehe nelja aasta kogemuse põhjal (omades päikesejaama aastast 2014) ning tema arvamuse põhjal on tõenäoline, et elektrivajadust 100% päikesepaneelidega katta ei saa. Seepärast on oluline optimaalsema lahenduse leidmine siinse töö koostaja poolt, võttes arvesse kogutud aastaseid andmeid. Eelkõige on oluline teada saada, kuidas novembrist märtsini, pilves ilmaga ning jahedatel kuudel olemasolev päikesejaam talumajapidamise kasuks tööle panna.

Energogen OÜ juhatuse liikme Martin Lalli arvates saabub päikesepaneelide soetamise ja elektri tootmise tasuvus 9-10 aastaga. Samas on see seotud paljude teguritega, nagu näiteks tõusev elektri hind ja võrgutasud. Sääst tekib võrgust vähem elektrit ostes ning ka võrku müüdud börsihinnast ning taastuenergia toetusest. [30]

Naps Solar Estonia OÜ müügijuhi Tõnu Jansonini arvates ei saa päikesepaneelidega talvel elektrivajadust täielikult katta. Pilves ilm, sademed ja pime talv mõjutavad paneelide maksimaalset tunnitootlikust kuni 20% koguvõimsusest. Paneelide hind ei ole küll väike, aga nähes väiksemaid elektriarveid on motiveeriv investeeringut tegema. Üldjuhul on keskmine tasuvusaeg praeguste hindade ja seaduste juures 10 aastat. [30]

Tavako Elekter OÜ juhi Kalev Koppeli arvates sõltub tasuvus elektri hinnast, taastuenergia toetusest ning oma tarbeks kasutatud energia tarbimisest. Juhul, kui elektrienergia hind jääb

samaks, siis tasuvusaeg on umbes 10 aastat. Aga on tõenäoline et elektri hind on ajas muutuv ning mida suuremas tõusujoones see on, seda kiiremini muutub investeering tasuvaks. [30]

### 3.3. Olemasoleva päikeseelektrijaama ülevaade

Talu peremees on lasknud Solar4you OÜ (äriregistri kood 12248260) hinnapakumise nr 14.05.14/3-1 alusel paigaldada oma Uus-Kõngi kinnisasjale 11 kW päikeseelektrijaama. Peremehe päikeseelektrijaama ostu ning paigaldamise valiku tegemise eelistena on välja toodud, et põllumajandustegevusele tuleb leida alternatiive ning seejuures võttes vastu uusi väljakutseid.

Uus-Kõngi maaüksusele on paigutatud monokristallilised päikesepaneelid. Kahekorruseline päikeseelektrijaam (joonis 3.2) koosneb jadamisi ühendatud 44 päikesepaneelist. Igal paneelil on 60 elementi. Paigaldatud päikeseelektrijaam koosneb 44-st Hyundai HiS-S260MG tüüpi PV paneelist ning ühe paneeli võimsus on 260 W. Päikesepaneelid on paigaldatud hoideraamile, mis omakorda on asetatud tugisambale (joonis 3.2).



**Joonis 3.2.** Küljevaade ja tagantvaade päikesepaneelidele.

Päikeseelektrijaam hõlmab 12 hektari suurusel maaüksusel 52,4 m<sup>2</sup> ning on paigutatud õuemaad eraldava kuuseheki kõrvale. Uus-Kõngi talu päikeseelektrijaamas kasutatakse ära haritavale maale langevat päikesepaistet. Seega on maapinnale paigaldatud paneelide

tootlikkus tänu paremale jahutusele ning soodsama paigaldusnurga võimaldamisele parem, kui see oleks paigaldatud hoone katusele või fassaadile.

### **3.4. Päikeseelektrijaama soetamise maksumus**

Tavako Elekter OÜ juhi Kalev Koppeli arvates tuleb eramule paigaldatavate päikesepaneelide süsteemi hinna arvutamisel teada [30]:

- 1) suvist päevast tarbimist tunnis või aastas;
- 2) kas paneelid paigaldada maa peale või katusele;
- 3) kui paigaldada katusele, siis vajalik teada lõunapoolse katuse kuju (lame, viil), katuse mõõte, katuse materjali ning katuse joonist;
- 4) maja peakaitsme suurust.

Olemasoleva info põhjal saab arvutada, kui palju paneele on üldse võimalik paigaldada ja milline on konkreetsele eramule optimaalne süsteemi võimsus. Paneelide hulga määramisel tuleb arvesse võtta, et ühe standardpaneeli, võimsusega 250 W, mõõtmed on 1 x 1,6 meetrit. [30]

Kalev Koppeli arvates (2016. veebruaril avaldatud artikli põhjal) on 1 kW täiskomplekti hind koos paigaldusega ligikaudu 1300 eurot (koos käibemaksuga). Enamikus eramutes kasutatav nn mikrotootja päikeseelektrijaama maksimaalne piir on tänase seisuga 11 kW ning tavaliselt jääb paigaldatav süsteem vahemikku 5–11 kW. Lisaks peab kindlasti arvestama, et kui eramus on olemas liitumine elektrivõrguga, tuleb siiski päikeseelektrijaama kogumaksumusele juurde päikesejaama liitumistasu, mis on määratud elektrivõrgu poolt. [30]

Uus-Kõngi kinnistu omanik on sõlminud Eesti Energia AS-iga mikrotootja liitumislepingu nr 221837, mille maksumus oli kokku 234 92 eurot sisaldades liitumise osamakset, lepingu menetlustasu ja mikrotootja liitumist.

Päikeseelektrijaama paigaldamiseks küsiti aastal 2014 hinnapakumine ettevõttelt Solar4you OÜ (tabel 3.3).



**Tabel 3.3.** Solar4you OÜ hinnapakumine 11 kW päikeseelektrijaama paigaldamiseks

| Nimetus   | Kogus | Hind, EUR | Summa, EUR |
|---|-------|-----------|------------|
| PV paneeli süsteemile kuni 11kWh elektrienergia tootmiseks. Dokumentide vormistamine sisaldab: põhimõtte skeemi, tehniliste tingimuste taotlemiseks dokumentatsiooni ettevalmistamist, üleandmist võrguettevõttele (eelduseks maaomaniku volikiri). Üleandmise dok., teostusjoonised võrku ühendamiseks | 1     | 500       | 500        |
| PV paneelid Hyundai HIS-250 poly 11KWp  | 44    | 205       | 9020       |
| Inverter Kostal Piko 10,1   | 1     | 2100      | 2100       |
| Montaaž ja transport  | 11    | 110       | 1210       |
| Kinnitusvahendid Nordik, betoon   | 11    | 125       | 1375       |
| Kaabeldused, 100m   | 1     | 100       | 100        |
| Kaitse ja vahelduvvoolu kaabel  | 1     | 90        | 90         |
| Hind  |       |           | 14395      |
| Käibemaks, 20%  |       |           | 2879       |
| Hind kokku  |       |           | 17274      |

Tabelist on näha, et Uus-Kõngi talu 2014. aastal paigaldatud 11 kW päikeseelektrijaama maksumuseks kujunes 17 274 eurot (koos käibemaksuga). Teet Kerem on magistritöös “Eramaja fotoelektriliste päikesepaneelide tasuvus lähtuvalt elektribörsi Nord Spot Eesti hinnapiirkonna dünaamilistest hindadest” välja toonud, et päikesejaama ehituse hinnad on langenud viimastel aastatel 13%. Samuti võttes arvesse Tavako Elekter OÜ juhi Kalev Koppeli väljaöeldut, et hinnanguliselt oli 2016. aastal 1 kW täiskomplekti hind koos paigaldusega 1300 eurot (koos käibemaksuga), oleks 11kW komplekti hind 14 300 eurot. See näitab, et päikesejaama soetamise hind on langenud 2018. aastaks 3000 eurot. [5]

On tõenäoline, et hinnad näitavad langustrendi ning päikesejaamade paigaldajaid lisandub veelgi. Elektrum Eesti OÜ ja Naps Solar Estonia OÜ on alustanud koostööd, toetamaks päikesejaama ehitamist. Paigaldamise projektis võtmed-kätte-põhimõttel pakutakse kliendile parimat lahendust, sh seadmete tarnet, kodutarbijale päikesepaneelide paigaldust, liitumist võrguettevõtjaga koos asjaajamisega. Kliendi kulu päikeseelektrijaama soetamisel on 15% sissemaksu. Ülejäänud jaama kulud kaetakse viie aasta jooksul kuutasudega. [31]

Aastal 2014 läks Uus-Kõngi talu päikesejaama rajamine maksma 17 274 eurot. Juhul kui Uus-Kõngi talus oleks päikesejaama hakatud rajama 2018. aastal, siis oleks saanud kulusid hajutada. Rahalised väljaminekud oleks soetamisel: esmane sissemaks 2 591 eurot ning viie

aasta jooksul (60 kalendrikuu väljaminekud) 244,72 eurot. Siinse on töö koostaja arvates on päikeseenergia kasutuselevõtt tehtud kättesaadavamaks võrreldes varasemate aastatega ning ka seepärast on tõenäoline, et klientide arv 2018. aasta lõpuks kasvab.

### **3.5. Energiakasutuse maksumus**

Uus-Kõngi talu peremees:

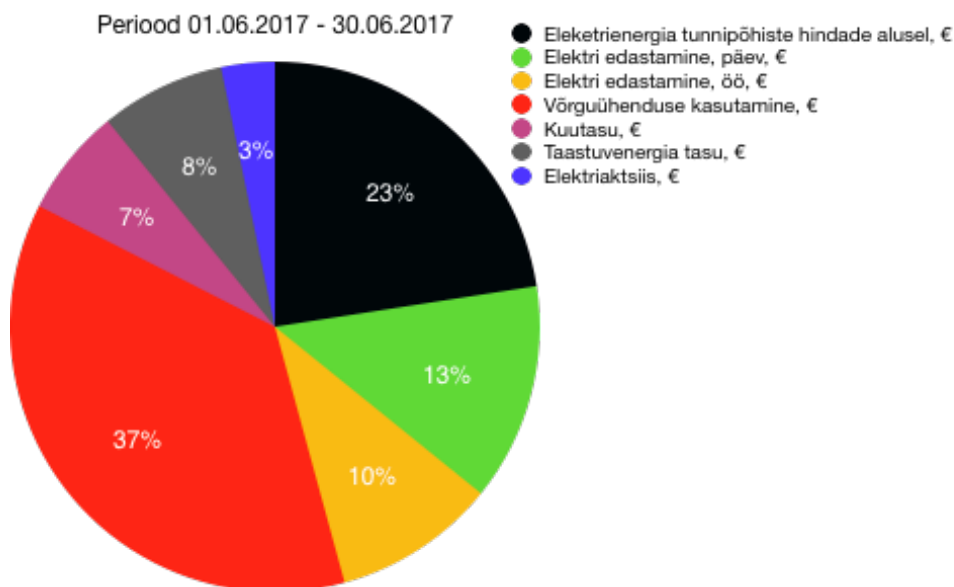
- 1) omab Eesti Energia AS-iga lepingut nr 6745120359, millega ta on kohustatud igakuiselt tasuma tarbitava elektrienergia eest elektrienergia börsihinnaga tunnipõhiste hindade alusel;
- 2) omab Elektrilevi OÜ-ga lepingut nr 6745120220, millega on kohustatud igakuiselt tasuma võrguteenuste eest;
- 3) on sõlminud 2014. a juulis Eesti Energia AS-iga mikrotootja liitumislepingu nr 221837, mille maksumus oli kokku 234,92 eurot;
- 4) omab Eesti Energia AS-iga lepingut nr 6745120359, millega Eesti Energia AS ostab kliendilt toodetud elektrienergiat tunnipõhiste hindade alusel.

Igakuistel arvetel kajastub ja kuulub tasumisele tarbitud elektrienergia tasu, võrguteenuse tasu, taastuvenergia tasu ja elektriaktsiis (lisad 1 ja 2). Samuti on arvetel välja toodud, et Eesti Energia AS ostab 100% klientidele müüdavast elektrist elektribörsilt. 2016. aastal moodustas fossiilsetest energiaallikatest toodetud elekter Eesti Energia ASi klientidele müüdud elektrist 89,23 % ja taastuvatest energiaallikatest toodetud elekter 10,77% (lisa 2).

Arvelt (lisad 1 ja 2) nähtub, et 2017. aasta juunikuus esitati Uus-Kõngi talu peremehele 203,455 kWh elektritarbimise eest kokku 33,45 euro suurune arve, mis moodustus (joonis 3.3):

1. Eesti Energia AS-iga lepingust nr 6745120359 tulenevalt elektrienergia maksumusest, mis ostetud börsilt tunnipõhiste hindade alusel ning mis moodustas arvest 23%.
2. Elektrilevi OÜ-ga lepingust nr 6745120220 tulenevalt võrguteenuste tasu, mis sisaldas:
  - võrguühenduse kasutamist (0,41 eurot/A kuus, peakaitse 25,00 A), moodustades arvest 37%;

- päevast elektritarbimist, moodustades arvest 13%;
- öist elektritarbimist, moodustades arvest 10%;
- kuutasu 1,84 eurot kuus, moodustades arvest 7%;
- taastuenergia tasu 0,0104 eurot/kWh, moodustades arvest 8%;
- elektriaktsiisi 0,00447 eurot/kWh, moodustades arvest 3%.



**Joonis 3.3.** 2017. aasta juuni kuu elektriarve protsentuaalselt.

Jooniselt on näha, et väga suure osa arvest moodustab võrguühenduse kasutamise tasu ning samuti ka elektrienergia. Lisaks moodustavad väikse osa arvest ka kuutasu, taastuenergia tasu ja elektriaktsiis. Üllatav on ka see, et taastuenergia tasu küsitakse ka nendelt, kes ise taastuenergiast energiat toodavad.

Eesti Energia AS-iga lepingust nr 6745120359 tulenevalt ostis Eesti Energia AS kliendilt toodetud elektrienergiat tunnipõhiste hindade alusel 1390,482 kWh elektritarbimise eest kokku 47,02 eurot (lisa 2). Kuna tegemist oli suvekuuga, siis klient Eesti Energia AS-ile reaalselt maksuma ei pidanud. Toodetud elektrienergia eest sai klient ettemaksu arve teenuse osutajalt (lisa 1).

Võrguteenuse hind on tasu elektri ülekandmise ja jaotamise eest, moodustades elektriarvest enam kui kolmandiku. Võrguteenuses sisalduvad kulud, mis on seotud elektri toimetamisega elektrijaamast tarbija koduni. Võrguteenuse hind ei ole sõltuvuses tarbitud elektri hulgast, sest hind on fikseeritud nii Konkurentsiameti poolt kui ka kajastatud tarbija hinnapaketis.

Mida suurem on aga tarbitud elektri kogus, seda rohkem tuleb maksta ka võrguteenuse eest, sest elektri hulk, mis toimetati kliendini, on suurem. [32]

Uus-Kõngi talus on kahetariifne arvesti, kus elektritarbimise arvutus käib kahe tariifi järgi: päevane tarbimine ja öine tarbimine. Päevase elektritarbimise tariif kehtib suvisel ajal ajavahemikus 08.00–24.00 ja talvisel ajal ajavahemikus 07.00–23.00. Öise elektritarbimise tariif kehtib suvisel ajal ajavahemikus 24.00–08.00, talvisel ajal ajavahemikus 23.00–07.00 ning nädalavahetustel aastaringselt ööpäev läbi. Argipäevadele langevatel riiklikel pühadel kehtivad tavalised argipäeva tariifid. [33]

Alates 01.07.2017 asendus senine võrguteenuse kuutasu ja ampritasu peakaitsme suurusel (liitumispunkti läbilaskevõimel) põhineva kuutasuga. Ostja on kohustatud maksma võrguühenduse kuutasu, lähtudes võrgulepingus kokku lepitud võrguühenduse läbilaskevõimest (peakaitsmest) ja kasutatavast hinnapaketist. Kuutasu lähtub kaitsmete nimivoolust. [34]

Taastuvenergia tasu on riigi poolt määratud tasu, mille eesmärgiks on toetada Eestis taastuvast allikast elektrienergia tootmist. Taastuvenergia tasu suurus sõltub hinnangust, mis on antud järgneval kalendriaastal taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergia kogustele ning võrguteenuse müügitahu prognoosist. [35]

Elektriaktsiis on riigi poolt määratud maks. Vastavalt alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadusele on alates 2010.aastast elektriaktsiisi määr käibemaksuta 0,00447 €/kWh. Elektriaktsiisi kogujateks on võrguettevõtjad, kes võtavad aluseks kilovatt-tunnid ja edastavad selle riigile. [36]

Mikrotootja saab päikeseelektrijaamas toodetud elektrienergia ülejääki tagasi müüa elektrivõrku. Uus-Kõngi talu mikrotootmiseseade kvalifitseerub kolmefaasiliseks tootmiseseadmeks, mille nimivõimsus on maksimaalselt 11 kW. Liitumislepingu sõlmimine toimub kinnistu omanikuga. Mikrotootja liitumiseks on eelnevalt vaja olemasolevat võrguühendust ning kehtivat võrgulepingut. Mikrotootja liitumislepingu sõlmimine on tasuline ning kui suureks kujuneb tasu, sõltub paljustki sellest, kui palju on elektrivõrgus on vaja teha ümberehitusi. [37]

### 3.6. Päikesejaama arvutuslik tootlikkus

Arvutusliku päikesepaneelide tootlikkuse leitakse PVGIS andmebaasi abiga. Andmebaasi tuleb sisestada [38, 39]:

- 1) täpne asukoht – B:57,979114 L:26,251405;
- 2) PV paneelide tüüp – monokristall paneeli puhul “Crystalline silicone”;
- 3) PV paneelide võimsus – 11 kW;
- 4) Kadude protsent – 5%, mis on tuleneb Eestis praktikas mõõdetud tulemuste põhjal ja inverterite tehnilistest andmetest;
- 5) PV paneelide asukoht – maapinnal ehk “Mounting position”;
- 6) PV paneelide kaldenurk – 40°;
- 7) Paneelide täpne suund – optimaalne lõuna suund ehk 0°.

Programm arvutab etteantud väärtuste põhjal välja PV paneelide tootlikkuse kuude lõikes. Need andmed on välja toodud tabelis 3.4. ning lisatud on ka arvutuslik aastane PV paneelide tootlikkus. [38]

**Tabel 3.4.** PV Paneelide arvutuslik tootlikkus PVGIS andmebaasi abil [38]

|           | PV paneelide arvutuslik tootlikkus, kWh |
|-----------|---|
| jaanuar   | 240                                     |
| veebruar  | 512                                     |
| märts     | 950                                     |
| aprill    | 1320                                    |
| mai       | 1570                                    |
| juuni     | 1520                                    |
| juuli     | 1550                                    |
| august    | 1320                                    |
| september | 965                                     |
| oktoober  | 544                                     |
| november  | 189                                     |
| detsember | 136                                     |
| Kokku     | 10 816                                  |

Tabelist 3.4. on näha, et arvutuslik PV paneelide tootlikkus on aastas kokku 10 816 kWh. Suvekuudel on tootlikkus suurem ning talvel väiksem, mis näitab, et saadud tulemusi võib usaldada.

### 3.7. Päikesejaama tegelik tootlikkus

Uus-Kõngi tallu paigaldati päikesepaneelid 2014. aasta augustis. Alates sellest ajast on kogutud elektriarveid, mis sisaldavad nii tarbitud elektri, kui ka võrku antud elektri andmeid. Kuna andmeid on piisavalt palju, siis parema ülevaate saamiseks on kõik kogutud andmed välja toodud kvartariaalselt tabelis 3.5.

**Tabel 3.5.** Tarbitud ja võrku antud elektrienergia ülevaade kvartariaalselt

|      |                                   | Tarbitud<br>elektrienergia,<br>kWh | Võrku antud<br>elektrienergia,<br>kWh |
|------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 2014 | III kvartal                       | 1388,1                             | 1893,1                                |
| 2015 | I kvartal                         | 1461,3                             | 2026                                  |
|      | II kvartal                        | 1218,1                             | 5304,6                                |
|      | III kvartal                       | 1718                               | 1788,3                                |
| 2016 | I kvartal                         | 1447,3                             | 2323,7                                |
|      | II kvartal                        | 846                                | 5592,5                                |
|      | III kvartal                       | 1533,6                             | 1563,4                                |
| 2017 | I kvartal                         | 1636,3                             | 2096,1                                |
|      | II kvartal                        | 935,8                              | 5429,9                                |
|      | III kvartal                       | 1490,6                             | 1335,3                                |
| 2018 | I kvartal (jaanuar -<br>veebruar) | 851,5                              | 526,2                                 |

Tabelist 3.5. on näha, et kvartariaalselt ei esine suuri erinevusi tarbitud elektrienergia osas ning võrku antud elektrienergia suurus sõltub sellest, kui palju on olnud tarbimine. Suurim tarbimine toimub I ja III kvartalis, kui ei ole tegemist suvekuudega ning võib arvata, et sel perioodil kulub rohkem elektrienergiat soojuse saamiseks. Kui suvekuudel on olnud väiksem elektrienergia tarbimine, siis on võrku antud elektrienergia hulk olnud suurem.

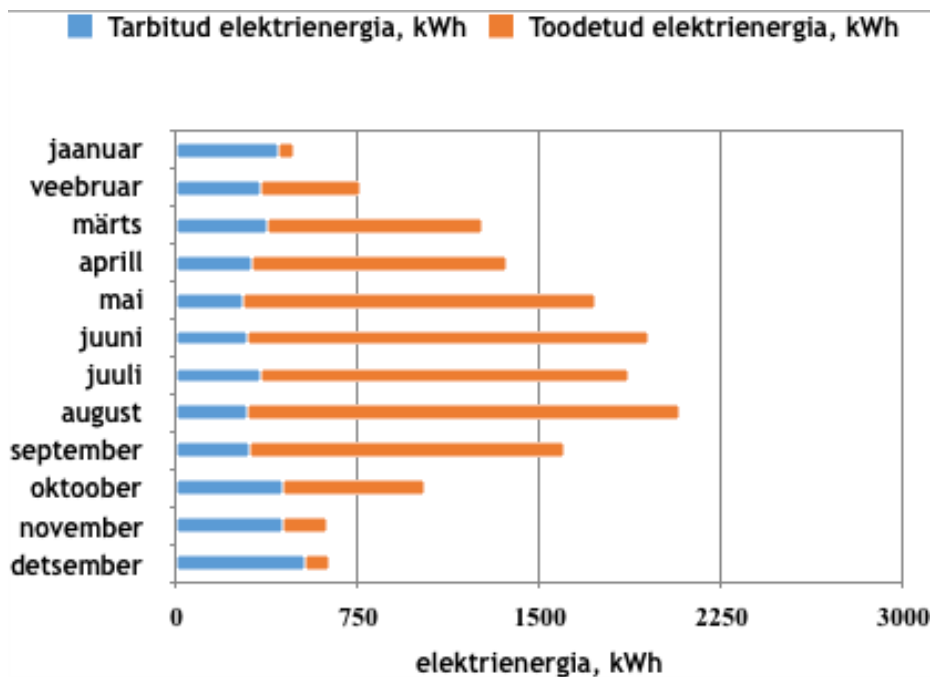
Eelmises peatükis leitud arvutuslikule PV paneelide tootlikkusele sai lisatud ka 2015. aasta tegelik paneelide tootlikkus ja lisatud see tabelisse 3.6. Välja on toodud ka paneelide arvutuslik ning tegelik tootlikkus aasta peale kokku.

**Tabel 3.6.** Tegeliku ja arvutusliku PV paneelide tootlikkuse võrdlus

|           | Tegelik tootlikkus<br>2015.aastal, kWh | Arvutuslik<br>tootlikkus, kWh |
|-----------|--|-------------------------------|
| jaanuar   | 65                                     | 240                           |
| veebruar  | 411                                    | 512                           |
| märts     | 884                                    | 950                           |
| aprill    | 1050                                   | 1320                          |
| mai       | 1450                                   | 1570                          |
| juuni     | 1650                                   | 1520                          |
| juuli     | 1520                                   | 1550                          |
| august    | 1783                                   | 1320                          |
| september | 1300                                   | 965                           |
| oktoober  | 585                                    | 544                           |
| november  | 185                                    | 189                           |
| detsember | 95                                     | 136                           |
| Kokku     | 10978                                  | 10 816                        |

Tabelist 3.6. on näha, et arvutuslik PV paneelide tootlikkus ei erine tegelikust tootlikkusest drastiliselt. Arvutuslikuks tootlikkuseks on saadud 10816 kWh ning tegelik tootlikkus on 10978 kWh. Suurim vahe tekib jaanuaris ja detsembris, kui tegelik tootlikkus on tunduvalt väiksem kui arvutuslik, kuid seevastu juunis ja augustis ületab tegelik tootlikkus arvutusliku tootlikkuse. Eriti suur erinevus on augusti kuus, kus tegelik tootlikkus on 1783 kWh, aga arvutuslik on vaid 1320 kWh.

Et teada saada, kas ja kui suur on erinevus tarbitud ja toodetud elektrienergia vahel, on joonisel 3.7. välja toodud 2015. aasta tarbitud elektrienergia võrdluses toodetud energiaga.



**Joonis 3.7.** Toodetud elektrienergia ning kasutatud elektrienergia ja võrguteenuse võrdlus 2015. aastal.

Jooniselt on näha, et toodetud elektrienergia ületab tarbitud elektrienergia. Kui tarbitud elektrienergia kōikumine aasta lõikes ei ole suur, siis toodetud elektrienergia erinevus talveperioodil ja suveperioodil on märgatav. Suvekuudel ületab tootlikkus tarbimise ligikaudu kolmekordselt ning talvekuudel on tootlikkuse osa marginaalne.

### 3.8. Päikesejaama tasuvusaeg

Päikeseelektrijaama tasuvusaja arvutamiseks on arvesse võetud jaama maksumust koos mikrotootja liitumislepingu tasuga, milleks on 234,92 eurot ning 363,83 eurot lepingulisa alusel. Kogumaksumuse leidmiseks liidetakse kõik eelmainitud väärtused päikeseelektrijaama maksumusele ning saadakse  $17274 + 234,92 + 363,83 = 17872,75$  eurot. Lisaks on tasuvusaja arvutamise aluseks võetud päikesepaneelide tootlikkust aastast ning elektrihipnda. Kuna on teada nii arvutuslik kui ka tegelik tootlikkus, siis eelistatakse 2015. aasta tegelikku tootlikkust, milleks on 10978 kWh. Keskmise elektrihipnda leidmiseks võeti arvesse elektrienergia hipnd võrku müümisel ning leiti kolme aasta (2015–2017) keskmine ning kõik andmed kanti tabelisse 3.7. [40,41]



**Tabel 3.7.** Keskmise elektrienergia hind võrku müümisel kuude lõikes, aastatel 2015–2017

|                | Keskmise elektrienergia hind võrku müümisel,<br>€ |        |        |
|----------------|---|--------|--------|
|                | 2015  | 2016   | 2017   |
| jaanuar        | 0,0371  | 0,0208 | 0,0323 |
| veebruar       | 0,0355  | 0,0295 | 0,0400 |
| märts          | 0,0326  | 0,0306 | 0,0317 |
| aprill         | 0,0361  | 0,0324 | 0,0317 |
| mai            | 0,0356  | 0,0323 | 0,0307 |
| juuni          | 0,0367  | 0,0434 | 0,0338 |
| juuli          | 0,0361  | 0,0319 | 0,0366 |
| august         | 0,0429  | 0,0341 | 0,0402 |
| september      | 0,0368  | 0,0368 | 0,0401 |
| oktoober       | 0,0425  | 0,0401 | 0,0369 |
| november       | 0,0345  | 0,0442 | 0,0307 |
| detsember      | 0,0309  | 0,0406 | 0,0318 |
| aasta keskmine | 0,0364  | 0,0347 | 0,0347 |

Edasisteks arvutusteks kasutati kolme aasta keskmist elektrienergia hinda, milleks on 0,0353 €/kWh. Sellele hinnale tuleb lisada ka taastuvenergia toetus, milleks on 0,0537 €/kWh. Kokku tuleb energia müügihinnaks 0,089 €/kWh. Saadud hind korrutatakse tegeliku tootlikkusega, ning saadakse teada aastane tulu. [40,41]

$$AT = H_l \times PAT = 0,089 \times 10978 = 977,042 \text{ €}, \quad (3.1)$$

kus,  $AT$  on aastane tulu €/a;

$H_l$  – lõplik elektrienergia hind €/kWh;

$PAT$  – päikeseelektrijaama aastane tootlikkus, kWh/a.

Nüüd, kui on teada aastane tulu, tuleks jagada päikeseelektrijaama kogumaksumus aastase tuluga ning saada teada, mitu aastat kulub päikeseelektrijaama tasuvuseks.

$$TS_a = \frac{PM}{AT} = \frac{17872,75}{977,042} = 18,29 \text{ a}, \quad (3.2)$$

kus,  $TS_a$  on päikeseelektrijaama tasuvusaeg aastates;

$PM$  – päikeseelektrijaama kogumaksumus €;

$AT$  – aastane tulu €/a.

Arvutustulemuste põhjal saab öelda, et päikeseelektrijaama tasuvusajaks kujuneb 18,3 aastat. Võib arvata, et tasuvusaeg oleks lühem, kui soetada paneelid aastal 2018, sest hinnad on langenud. Kui puuduks taastuenergia toetus, siis oleks päikeseelektrijaama tasuvusaeg tunduvalt pikem ning jaama rajamine oleks mõttetu.

Leidmaks tasuvusaega ilma taastuenergia toetuseta, arvestatakse elektrienergia hinnaks 0,0353 eurot ning korrutatakse see aastase tegeliku tootlikkusega.

$$AT = H_{kk} \times PAT = 0,0353 \times 10978 = 387,523 \text{ €}, \quad (3.3)$$

kus  $H_{kk}$  on kolme aasta (2015–2017) keskmine elektrihind, €/kWh.

Kui on teada aastane tulu, siis tuleb päikeseelektrijaama kogumaksumus jagada saadud summaga.

$$TS_a = \frac{PM}{AT} = \frac{17872,75}{387,523} = 46,18 \text{ a}, \quad (3.4)$$

Vastusest selgub, et tasuvusaeg ilma taastuenergia toetuseta oleks 46,2 aastat.

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöös oli uuritavaks objektiks Valga maakonnas Vaalu külas Uus-Kõngi talus paiknev 11 kW koguvõimsusega kahekorruseline päikeseelektrijaam. Päikeseelektrijaam paigaldati 2014. aastal ning koosneb 44-st 260 W võimsusega paneelist. Monokristallilised päikesepaneelid on paigaldatud hoideraamile, mis omakorda asetatud tugisambale.

Päikeseelektrijaam hõlmab 12 hektari suurusel maaüksusel 52,4 m<sup>2</sup> ning on paigutatud õuemaad eraldava kuuseheki kõrvale. Uus-Kõngi talu päikeseelektrijaamas kasutatakse ära haritavale maale langevat päikesepaistet. Seega on maapinnale paigaldatud paneelide tootlikkus tänu paremale jahutusele ning soodsama paigaldusnurga võimaldamisele parem kui seda oleks tehtud hoone katusele või fassaadile.

Töö eesmärgi saavutamiseks on antud ülevaade päikeseenergeetikast üldiselt ning maailmas ja Eestis. Samuti kirjeldati töös erinevate päikesepaneelide olemust ning erinevaid toetusvõimalusi nende soetamiseks. Töös kirjeldati ka uuritava objekti asukohta ning sinna paigaldatud päikeseelektrijaama. Kolmandas peatükis on välja toodud päikeseelektrijaama soetamise maksumus, võimalikud toetused ning võrku müüdud ja elektrienergiale kulunud summa võrdlus. Arvutati ka päikeseelektrijaama arvutuslik- ja tegelik tootlikkus ning päikeseelektrijaama tasuvusaeg.

Arvutusliku päikesepaneelide tootlikkus leiti PVGIS andmebaasi abiga. Programm arvutab etteantud väärtuste põhjal välja PV paneelide tootlikkuse kuude lõikes. Tulemuseks saadi, et arvutuslik PV paneelide tootlikkus on aastas kokku 10 816 kWh. Suvekuudel on tootlikkus suurem ning talvel väiksem. Võrdluseks arvutuslikule tootlikkusele leiti mõõdetud andmete põhjal ka tegelik tootlikkus ning saadi tulemuseks 10 978 kWh, mis on väga sarnane arvutusliku tootlikkusega.

Aastal 2014 Uus-Kõngi tallu rajatud päikesejaama maksumus oli 17 872,75 eurot. Alates päikesepaneelide paigaldamisest on kogutud elektriarveid, mis sisaldavad nii tarbitud elektri, kui ka võrku antud elektri andmeid. Lisaks on veel kogutud andmed toodetud elektrienergia kohta. Kogutud andmete põhjal sai arvutatud päikeseelektrijaama tasuvusaeg. Arvutustes sai kasutatud tegelikku tootlikkust, mis korrutati elektrienergia hinnaga, millele oli liidetud

juurde taastuenergia toetus. Kui aastane tulu oli arvutatud, tuli jagada päikeseelektrijaama kogumaksumus aastase tuluga ning vastuseks saab tasuvusaja aastates. Arvutustulemuste põhjal tuli välja, et päikeseelektrijaama tasuvusajaks kujuneb 18,3 aastat, mida on rohkem, kui teoorias väidetakse. Samas saab öelda, et tasuvusaeg on pikem, kuna päikesepaneelide maksumus on tunduvalt suurem kui tänapäeval pakutakse.

Uus-Kõngi tallu paigaldatud päikeseelektrijaama kohta pole varasemalt uurimistöid tehtud. Järgnevas uurimistöös saaks mõelda ja välja töötada süsteemi ka akumulatsioonipaagi kütmiseks ning leida selleks kõige optimaalsem lahendus.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Energy Resources, Solar. World Energy Council. [on-line] <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/solar/> (04.05.2018)
2. Maa-ameti geoportaal. Maa-amet. [on-line] <https://geoportaal.maaamet.ee/> (26.07.2018)
3. Kliimanormid, päikesepaiste kestus. Riigi ilmateenistus. [on-line] <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/paikesepaiste-kestus/> (08.08.2018)
4. Päikesekiirguse liigid. Päikeseküte. [on-line] <http://www.xn--pikesekitev2a4y.ee/artiklid/paikesekiirguse-liigid/> (08.08.2018)
5. **Kerem, T.** (2014). Eramaja fotoelektriliste päikesepaneelide tasuvus lähtuvalt elektribörsi Nord Spot Eesti hinnapiirkonna dünaamilistest hindadest. (Magistritöö). Tartu Ülikooli Ökoloogia- ja Maateaduste instituut. Lk 7, 11, 12, 20.
6. Energia-Läänemere ümbruses [on-line] [https://www.keskkonnaharidus.ee/wp-content/uploads/2015/06/Koolibrosyur\\_energia\\_ymber\\_L22nemere.pdf](https://www.keskkonnaharidus.ee/wp-content/uploads/2015/06/Koolibrosyur_energia_ymber_L22nemere.pdf) (24.07.2017)
7. Solar energy. [on-line] <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html> (04.05.2018)
8. Photovoltaic Power Systems Programme. International Energy Agency. [on-line] [http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2016\\_\\_1\\_.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf) (04.05.2018)
9. Renewable Energy. Forecast International's Energy Portal. [on-line] <http://www.fipowerweb.com/Renewable-Energy.html> (04.05.2018)
10. What countries use the most Solar Panels? Solar Panel Guide. [on-line] <https://www.solarpanel.guide/countries-use-solar-panels/> (24.07.2018)
11. Solar Energy vs. Wind Energy: Which is Right for Your Home? Energysage. [on-line] <https://news.energysage.com/solar-vs-wind-energy-right-home/> (03.08.2018)
12. Kuidas päike ja tuul ennast teenima panna. Tuuleenergia Assotsiatsioon. [on-line] <http://www.tuuleenergia.ee/2014/04/kuidas-paike-ja-tuul-ennast-teenima-panna/> (13.04.2018)
13. Päikeseenergia Eestis. Taastuvenergia. [on-line] <http://www.taastuvenergia.ee/paikese-ja-tuuleenergia-alased-infomaterjalid/paikeseenergia-eestis/> (13.04.2018)
14. **Ani, E., Tammist, R., Lokk, A.** Taastuvenergeetika aastaraamat 2016. Eesti Taastuvenergia Koda. [on-line] [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK\\_aastaraamat\\_2016\\_A4\\_5mmBleed\\_31.05.2017-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK_aastaraamat_2016_A4_5mmBleed_31.05.2017-1.pdf) (04.05.2018)
15. Elektrilevi Off-Grid. Elektrilevi. [on-line] <https://www.elektrilevi.ee/offgrid> (25.07.2018)

16. **Lehtla, T., Vinnal, T.** (2016). Elektrivarustuse tulevikuvisioonid. Tallinn: TTÜ kirjastus. Lk 23.
17. Toetused. AS Tera. [on-line] <https://www.tera.ee/toetused/> (26.07.2018)
18. Kredex alustas päikesepaneelide toetusega. Äripäev. [on-line] <https://www.aripaev.ee/uudised/2018/04/23/kredex-alustas-paikesepaneelide-toetusega> (24.07.2018)
19. Päikesepaneelide paigaldamiseks on võimalik toetust küsida. Postimees. [on-line] [https://kodustiil.postimees.ee/4477937/paikesepaneelide-paigaldamiseks-on-voimalik-toetust-kusida?\\_ga=2.82902806.1871912322.1532967660-1594510381.1473412369](https://kodustiil.postimees.ee/4477937/paikesepaneelide-paigaldamiseks-on-voimalik-toetust-kusida?_ga=2.82902806.1871912322.1532967660-1594510381.1473412369) (30.07.2018)
20. Päikesepaneelide investeringutoetus. KredEx. [on-line] <http://kredex.ee/toetus/juriidiliste-iskutele/paikesepaneelide-investeringutoetus-3/> (30.07.2018)
21. Taastuvenergia kattis möödunud aastal 16,8 protsenti elektri kogutarbimisest. Postimees. [on-line] <https://majandus24.postimees.ee/4380649/taastuvenergia-kattis-moodunud-aastal-16-8-protsenti-elektri-kogutarbimisest> (30.07.2018)
22. Solar Panel. The Economic Times. [on-line] <https://economictimes.indiatimes.com/definition/solar-panel> (26.07.2018)
23. Solar Panels are all the same ... and other myths. Sinetech. [on-line] <http://www.sinetech.co.za/news-solar-panels-are-all-the-same.html> (13.08.2018)
24. Päikesepaneelid. AS Tera. [on-line] <http://www.tera.ee/paikesepaneelid-seadmed/> (26.07.2018)
25. **Pinn, M., Pinn, R., Pinn, M.** (2012). Elekter päikesest ja tuulest. MTÜ Kolm Kobrast. Tallinn. Lk 110-117.
26. Theoretical limits of photovoltaics efficiency and possible improvements by intuitive approaches learned from photosynthesis and quantum coherence. ScienceDirect. [on-line] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211401048X> (03.08.2018)
27. **Palge, V.** (2006). Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine (VII konverentsi kogumik). Tartu. Lk. 124.
28. **Rizk, J., Chaiko, Y.** Solar Tracking System: More Efficient Use of Solar Panels. World Academy of Science. (2008). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.306.7087&rep=rep1&type=pdf>
29. Ehisregister. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium. [on-line] <https://www.ehr.ee/app/> (26.07.2018)
30. Päikesepaneel eestlase maja katusele – jah või ei? Postimees. [on-line] <https://maaelu.postimees.ee/3578987/paikesepaneel-eestlase-maja-katusele-jah-voi-ei> (30.07.2018)
31. Naps Solar Estonia ja Elektrum Eesti hakkavad pakkuma ühiselt päikeseenergia lahendusi. Naps Solar Estonia. [on-line] <https://napsolar.ee/uudised/naps-solar-estonia-ja-elektrum-eesti-hakkavad-pakkuma-uhiselt-paikeseenergia-lahendusi/> (07.08.2018)

32. Mida tähendab elektriarvel võrguteenus? Eesti Päevaleht. [on-line] <http://epl.delfi.ee/news/eesti/mida-tahendab-elektriarvel-vorguteenus?id=51296946> (13.08.2018)
33. Kahetariifne arvesti. Elektrum. [on-line] <https://www.elektrum.ee/ee/kodu/naidud-ja-arved/elektriarestid/kahetariifne-arvesti/> (13.08.2018)
34. 01.07.2017 muutuvad võrgulepingu tüüptingimused [on-line] [https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/vorgulepingu\\_tyypthingimuste\\_muudatused\\_01072017.pdf](https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/vorgulepingu_tyypthingimuste_muudatused_01072017.pdf) (13.08.2018)
35. Taastuenergia tasu. Elering. [on-line] <https://elering.ee/taastuenergia-tasu> (13.08.2018)
36. Võrgutasu kujunemisest. Elektrilevi. [on-line] <https://www.elektrilevi.ee/et/vorgutasu-kujunemine> (13.08.2018)
37. Mikrotootja liitumine. Päikeseelekter.ee. [on-line] <http://www.xn--pikeseelekter-bfb.ee/Liitumine.xhtml> (13.08.2018)
38. Photovoltaic Geographical Information System. European Commission. [on-line] [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html) (09.08.2018)
39. Päikesepaneelide Tootlikkuse Arvutamine PVGIS Andmebaasi Abil. Taastuenergia. [on-line] <http://www.taastuenergia.ee/paikese-ja-tuuleenergia-alased-infomaterjalid/paikesepaneelide-tootlikkuse-arvutamine-pvgis/> (09.08.2018)
40. Tasuvus. AS Tera. [on-line] <https://www.tera.ee/tasuvus/> (09.08.2018)
41. **Tootsi, M.**, (2018). Tallinna Tehnikakõrgkooli Päikeseelektrijaama Lahendus. (Lõputöö). Tallinna Tehnikakõrgkool. Lk. 37.

**LISAD**



## Lisa 1. Elektriarve 1. lehekülje koopia



Postiaadress  
Urmas Mõts

Ostja  
Urmas Mõts  
Kõngi

68221 Vaalu küla Sangaste vald Valga maakond

**Arve nr 913824827910**

Arve kuupäev: **30.06.2017**  
Maksetähtaeg: **19.07.2017**  
Viitenumber: **91300200001**

| Nimetus | Maksumus |
|---------|----------|
|---------|----------|

|   |         |
|---|---------|
|  Elektrienergia                        | 6,28 €  |
|  Võrguteenus                           | 18,56 € |
|  Taastuvenergia tasu ja elektriaktsiis | 3,03 €  |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| Summa käibemaksuta: | 27,87 €  |
| Käibemaks 20%:      | 5,58 €   |
| Ei ole käive*:      | -47,02 € |
| Viivis:             | 0,00 €   |
| Arve summa:         | -13,57 € |

|  |          |
|--|----------|
| Kuulus tasumisele eelmise perioodi lõpul:                    | -10,15 € |
| Perioodi eest laekunud arve koostamise, 05.07.2017, hetkeks: | 0,00 €   |

**Kuulub tasumisele: 0,00 €**

Teile jäi ettemaks summas: 23,72 €

\*Summalt "Ei ole käive" ei arvestata käibemaksu tulenevalt Käibemaksuseadusest.

Arve detailne info on järgmisel lehel.

Me ei väljasta arveid, mille summa on alla 3 euro. Liidame summa järgmisele arvele ja väljastame arve 3 euro täitumisel.

### Täname Teid õigeaegselt tasutud arve eest!

Eesti Energia AS, Lelle tänav 22, 11318 Tallinn Harju maakond  
Reg kood: 10421629, KMKR: EE100366327

|             |  |
|-------------|--|
| Swedbank    | SWIFT/BIC: HABAE2X; IBAN: EE232200001180005555 |
| SEB Pank    | SWIFT/BIC: EEUH22X; IBAN: EE081010002059413005 |
| Danske Bank | SWIFT/BIC: FOREE2X; IBAN: EE703300332099000006 |
| Nordea Pank | SWIFT/BIC: NDEAE2X; IBAN: EE431700017000115797 |

#### Hoiame kontakti!


Koduleht energia.ee  
E-post: teenindus@energia.ee  
Klienditelefoni 777 1545  
(E-R 8.00-18.00)

## Lisa 2. Elektriarve 2. lehekülje koopia


Arvestused arvele nr. 913824827910

1 ( 1


| Mõõtepunkti (EIC) kood | Tarbimiskoht                                  |         |      |
|------------------------|---|---------|------|
| 38ZEE-00630452-0       | Kõngi, Vaalu küla Sangaste vald Valga maakond | Kogus   | Ühik |
| Elekter                |   | 203,455 | kWh  |

|   |   |                       |                    |
|---|---|-----------------------|--------------------|
|  Eesti Energia | <b>Elektrienergia</b>                               | Leping nr. 6745120359 | Hinnapakett Muutuv |
|   | Periood 01.06.2017 - 30.06.2017                     |                       | Maksumus           |
|   | Elektrienergia börsihinnaga, kogus 203,455 kWh      |                       |                    |
|   | Elektrienergia maksumus tunnipõhiste hindade alusel |                       | 6,28 €             |
|   |   | Summa käibemaksuta    | 6,28 €             |
|   |   | Käibemaks 20%         | 1,26 €             |
|   |   | <b>Summa kokku</b>    | <b>7,54 €</b>      |

| Mõõtepunkti (EIC) kood | Tarbimiskoht                                  |          |      |
|------------------------|---|----------|------|
| 38ZEE-00630452-0       | Kõngi, Vaalu küla Sangaste vald Valga maakond | Kogus    | Ühik |
| Elekter: võrku andmine |   | 1390,482 | kWh  |

|   |   |                       |                           |
|---|---|-----------------------|---------------------------|
|  Eesti Energia | <b>Elektrienergia</b>                     | Leping nr. 6745120359 | Hinnapakett Mikrotootmine |
|   | Periood 01.06.2017 - 30.06.2017           |                       | Maksumus                  |
|   | Toodetud elektrienergia ost 1 390,482 kWh |                       |                           |
|   | Toodetud elektrienergia ost: tunnipõhine  |                       | -47,02 €                  |
|   | Kokku (ei ole käive)                      |                       | -47,02 €                  |

| Mõõtepunkti (EIC) kood | Tarbimiskoht                                  |         |      |
|------------------------|---|---------|------|
| 38ZEE-00630452-0       | Kõngi, Vaalu küla Sangaste vald Valga maakond | Kogus   | Ühik |
| Elekter, õõ            |   | 114,845 | kWh  |
| Elekter, päev          |   | 88,61   | kWh  |

|   |  |                       |                    |
|---|--|-----------------------|--------------------|
|  Elektrilevi | <b>Võrguteenus</b>                                       | Leping nr. 6745120220 | Hinnapakett Võrk 4 |
|   | Periood 01.06.2017 - 30.06.2017                          |                       | Maksumus           |
|   | Elektri edastamine: päev 0,0417€/kWh, kogus 88,610 kWh   |                       | 3,70 €             |
|   | Elektri edastamine: õõ 0,0241€/kWh, kogus 114,845 kWh    |                       | 2,77 €             |
|   | Võrguühenduse kasutamine 0,41€/A kuus, peakaitse 25,00 A |                       | 10,25 €            |
|   | Kuutasu 1,84€ kuus                                       |                       | 1,84 €             |
|   | Taastuenergia tasu 0,0104€/kWh, kogus 203,455 kWh        |                       | 2,12 €             |
|   | Elektriaktsiis 0,00447€/kWh, kogus 203,455 kWh           |                       | 0,91 €             |
|   |  | Summa käibemaksuta    | 21,59 €            |
|   |  | Käibemaks 20%         | 4,32 €             |
|   |  | <b>Summa kokku</b>    | <b>25,91 €</b>     |

Eesti Energia ostab 100% klientidele müüdavast elektrist elektribörsilt. 2016. aastal moodustas fossiilsetest energiaallikatest toodetud elekter meie klientidele müüdud elektrist 89,23% ja taastuvatest energiaallikatest toodetud elekter 10,77%. Müüdud elektrist 3,94%-le on väljastatud ka taastuenergia päritolu tõendavad tunnistused.  
Lisainfo elektritootmise keskkonnamõjude kohta: <http://www.energia.ee>  
Kui Teil tekib küsimusi elektrienergia müügi kohta, palun võtke meiega ühendust. Eriarvamuste lahendamise muude võimaluste kohta leiute infot elektrilepingu tüüptingimustest.

# LIHTLITSENTS

## **Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Piret Pärnik,  
sünniaeg 13.05.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Talu Energiavarustus PV paneelidega  
mille juhendaja on Andres Annuk,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, 17.08.2018

---

## **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)